VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

КАК ОБНАРУЖЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН СООТНОСИТСЯ С БИБЛЕЙСКИМ СОТВОРЕНИЕМ?

Джон Хартнетт
Перевод: Андрей Ткаченко, Алексей Калько (creationist.in.ua)
Переведено с разрешения creation.com

Краткие выводы

- Гравитационные волны, предсказанные Эйнштейном, впервые были зафиксированы обсерваториями LIGO 14 сентября 2015 г.
- Это открытие убедительно подтверждает общую теорию относительности Эйнштейна, опубликованную в 1916 году, в рамках которой Эйнштейн предсказал такое явление. Никаких данных, противоречащих общей теории относительности, не наблюдалось.
- Была обнаружена бинарная система чёрных дыр, соединяющихся воедино – впервые их существование было подтверждено.
- Расстояние до них, определённое исходя из светимости, составляет около 1,3 млрд световых лет.
- Массы чёрных дыр составляли 36 $M_\odot$ (масс Солнца) и 29 $M_\odot$ перед слиянием и 62 $M_\odot$ после того, как они объединились.

Эквивалент 3 $M_{\odot}$ был излучён в виде гравитационных волн.

- С очень высокой степенью достоверность можно утверждать, что событие, наблюдавшееся в двух удалённых друг от друга местах, было действительно реальным. Качество обнаруженных сигналов было высоким и одинаковым в обоих точках.
- Это, в принципе, повторимо (с другими бинарными источниками), а значит, является практической наукой. Никакие настроечные параметры не были задействованы.
- Соответствующие законы физики являются законами, созданными нашим Богом.
- Это открытие является сильным подтверждением тому, что текущее значение скорости света не изменилось с момента сотворения. Поэтому идея уменьшения скорости света исключена.
- Есть другие более правдоподобные решения библейской креационистской проблемы с временем для распространения света звёзд.
- Космология большого взрыва не является практической наукой. Это наблюдение никоим образом не укрепляет утверждение, что предполагаемый большой взрыв имел место. Теории большого взрыва по-прежнему необходимо множество

настроечных параметров, не поддающихся проверке. Он по-прежнему не обоснован.

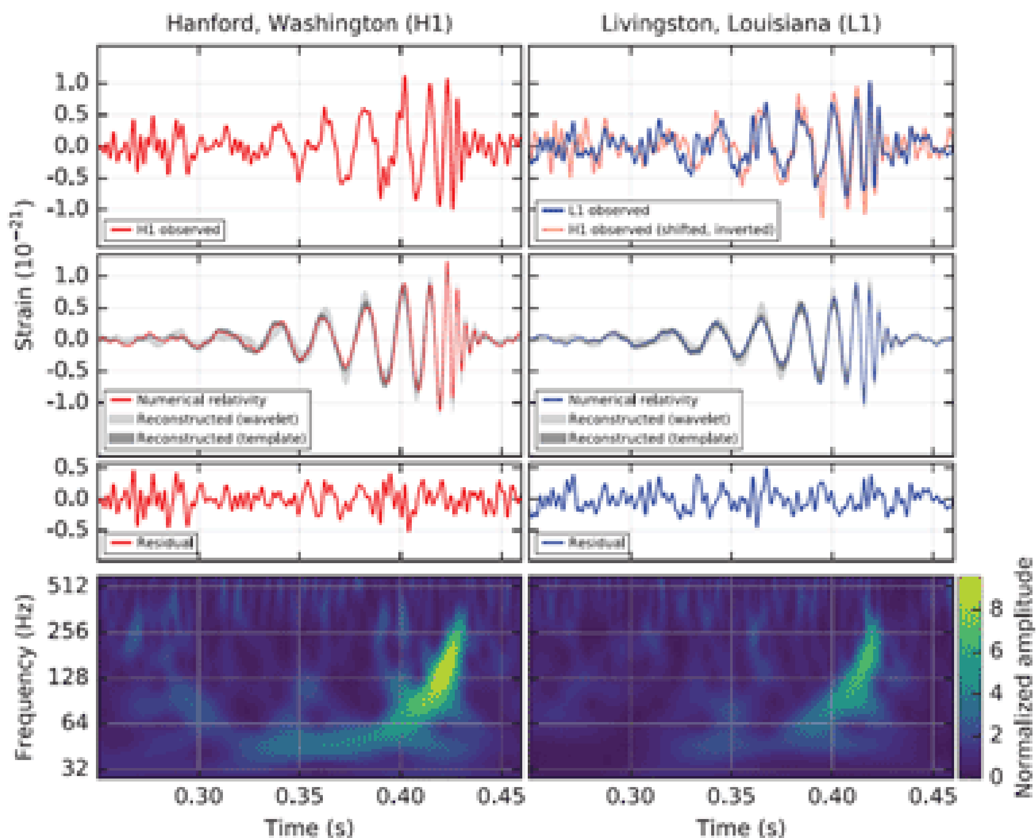


Рисунок 1: гравитационно-волновое событие GW150914, наблюдаемое обсерваторией LIGO в Хэнфорде (H1, левая колонка) и в Ливингстоне (L1, правая колонка). Время указано относительно 14 сентября 2015 года 9:50:45 UTC. Для визуализации все сигналы отфильтрованы полосовым фильтром с диапазоном 35–350 Гц для подавления больших флуктуаций вне диапазона наибольшей чувствительности детекторов и полосно-заграждающими

фильтрами для удаления сильных спектральных линий нелинейных искажений. Верхний ряд, слева: сигнал H1. Верхний ряд, справа: сигнал L1. GW150914 сначала поступил в L1, а спустя 6,9 мс в H1; для наглядного сравнения, наложен также сигнал H1, сдвинутый во времени на эту величину и инвертированный (чтобы учесть относительную ориентацию детекторов). Второй ряд: гравитационно-волновой сигнал, зафиксированный каждым из детекторов в диапазоне 35–350 Гц. Сплошные линии показывают предсказываемый с помощью численной относительности сигнал для системы с параметрами, соответствующими тем, которые были определены из сигнала GW150914, подтверждённый на 99,9% независимым вычислением (подробности в оригинале). Заштрихованные области показывают 90%-правдоподобные области для двух независимых реконструкций формы волны. Один (темно-серый) моделирует сигнал, используя модели волн бинарной чёрной дыры. Другой (светло-серый) не использует астрофизическую модель, но вместо этого вычисляет сигнал деформации в виде линейных синус-Гаусса всплесков. Эти реконструкции имеют 94% совпадение. Третий ряд: остатки после вычитания отфильтрованной численной относительности от детектора фильтрованного временного ряда. Нижний ряд:

График зависимости частоты сигнала от времени, показывающий увеличение частоты сигнала со временем. (Подпись к рисунку адаптирована из оригинала, ссылка 6).

Открытие гравитационных волн

14 сентября 2015 года в 09:50:45 UTC [всемирное координированное время] два детектора лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO) – один в Хэнфорде (штат Вашингтон) и другой в Ливингстоне (штат Луизиана) – одновременно зарегистрировали короткий гравитационно-волновой сигнал. Сигнал представлял собой классическую форму волны, предсказанную общей теорией относительности Эйнштейна для слияния бинарной системы чёрных дыр.[1] Частота сигнала подскочила с 35 до 250 Гц, а пиковая амплитуда гравитационной волны составила $1,0 \times 10^{-21}$.

Эти два детектора зарегистрировали один и тот же сигнал, который соответствовал предсказанной форме волны для сближения по спиральной траектории и слияния пары чёрных дыр и финального этапа (т.н. рангдаун, *англ.* ringdown) – образования одной чёрной дыры. Отношение сигнал-шум на выходе согласованного фильтра для

зарегистрированного сигнала составило 24, а частота ложных срабатываний оценивается как менее чем 1 событие в 203 000 лет, что эквивалентно статистической значимости выше 5,1σ (где 1σ – 1 стандартное отклонение).[2] Другими словами, это открытие с высокой степенью вероятности является реальным.

Источник находится на фотометрическом расстоянии около 1,3 млрд. световых лет, что соответствует красному смещению z ≈ 0,09.[3] Изначальные массы чёрных дыр составляли 36 $M_\odot$ и 29 $M_\odot$,[4,5] а масса образовавшейся в итоге чёрной дыры составила 62 $M_\odot$. Эквивалент 3 $M_\odot$ был излучён в виде гравитационных волн. Наблюдения впервые продемонстрировали существование бинарной системы чёрных дыр звёздных масс, но, что более важно, это первое прямое обнаружение гравитационных волн и первое наблюдение за слиянием двойных чёрных дыр.

Полученные результаты были опубликованы[6] в *Physical Review Letters* 11 февраля 2016 года, и громко освещались в СМИ. Интересно, что некоторые мои коллеги из университета, в котором работаю я, а также некоторые исследователи, принимавшие участие в этом открытии, спрашивали, почему бы не

опубликовать это в одном из более престижных журналов – *Science* или *Nature*? Возможно, *Physical Review Letters* был более быстрым вариантом для публикования, учитывая, что более чем тысячам человек пришлось бы молчать до публикации, а *Science* и *Nature* нуждаются в гораздо большем времени для публикации. Однако это не сработало, поскольку атеопат Лоуренс Краусс более месяца назад написал в Твиттере, что обнаружение было подтверждено, и с тех пор поползли слухи.

Наблюдения показаны на рисунке 1. Там изображены формы сигнала, зарегистрированные обоими детекторами LIGO, которые расположены на противоположных сторонах континентальной части США и отделены друг от друга расстоянием, для прохождения которого свету требуется приблизительно 10 мс.[7] Гравитационно-волновое событие, получившее обозначение GW150914,[8] сначала было зарегистрировано в обсерватории в Ливингстоне (L1) а приблизительно 7 мс спустя наблюдалось в обсерватории в Хэнфорде (H1). Сигналы были извлечены путём применения согласованного фильтра, полученного путём общерелятивистского вычисления. Результаты обеих обсерваторий очень хорошо совмещаются и имеют очень высокое соотношение сигнал-шум.

В отличие от фиаско с заявленным в 2014 г.[9] обнаружением телескопом BICEP2, расположенным на Южном полюсе, первобытных гравитационных волн из предполагаемого периода инфляции, которое впоследствии опровергли в 2015 году,[10] эти открытия кажутся очень достоверными. И хотя лазерные интерферометры действительно имеют очень малую вероятность ложных срабатываний, производимых случайным шумом с тем же типом волны, получить такой результат в двух местоположениях, с разницей во времени, приблизительно равным времени прохождения света между этими двумя точками, чрезвычайно маловероятно.

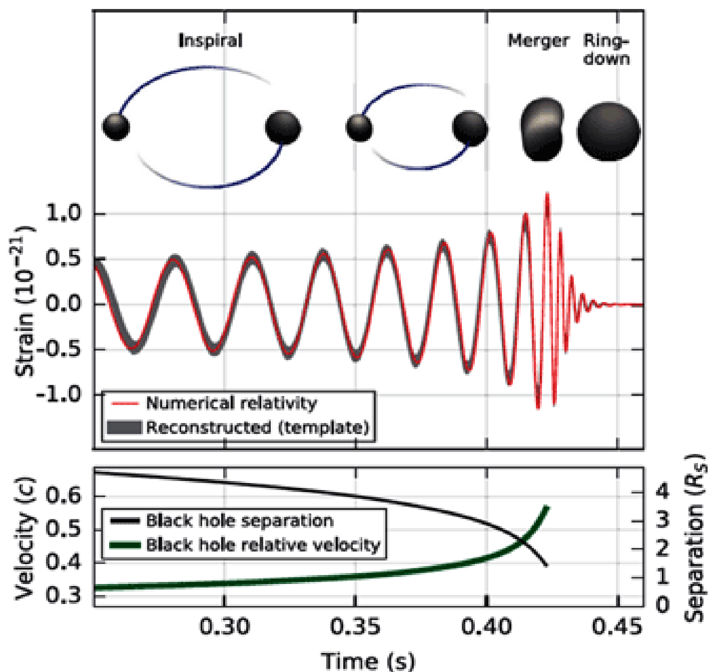


Рисунок 2: Вверху: Расчётная гравитационно-волновая амплитуда сигнала GW150914, зарегистрированного на H1. Здесь показана полная полоса сигнала, без фильтрации, использованной для рис. 1. На вставке изображения показываются модели числовой относительности горизонтов чёрной дыры (серые изображения), при слиянии чёрных дыр. Внизу: кеплеровское эффективное расстояние между чёрными дырами в единицах радиусов Шварцшильда ($R_S = 2GM/c^2$) и эффективная относительная скорость, выраженная в виде постньютоновского параметра $v/c = (GM\pi f/c^3)^{1/3}$, где f – частота гравитационной волны, вычисленная с помощью числовой относительности, а M – общая масса (заголовок из оригинала, ссылка 6).

На рисунке 2 показан сценарий сближения по спиральной траектории и слияния бинарной чёрной дыры. [См. видео внизу] Нефильтрованный сигнал отображён в рамке под изображениями. Эта нефильтрованная форма сигнала демонстрирует ожидаемое возмущение в *пространстве-времени* при спиральном сближении чёрных дыр. На нижней строке диаграммы показан график расстояния между этими двумя чёрными дырами как

функция времени, а также их относительной скорости, в процентах от скорости света.

Одной из важных отличительных черт этого сближения по спиральной траектории, как и ожидалось согласно моделированию, основанному на общей теории относительности, является заключительная фаза слияния (рингдаун). Она представляет собой классическую потерю (рассеивание) энергии системой, хорошо изученную в лабораторной физике. Эта особенность была предсказана ещё несколько десятилетий назад и является ожидаемой классической «подписью» такого слияния. Поэтому, когда я увидел этот сигнал с таким высоким соотношением сигнал-шум, то сразу же убедился, что это было действительно реальным обнаружением.

В личном плане, обнаружение гравитационных волн означает, что предсказание, которое я сделал в 2006 году, было не верным. В 1993 году Халс и Тейлор получили Нобелевскую премию по физике за своё открытие, сделанное в 1974 году, что двойная нейтронная звёздная система PSR B1913+16 (одна из звёзд которой также является пульсаром, излучающим радиосигнал) демонстрирует потерю энергии, обусловленную гравитационным излучением в результате медленного сближения двух звёзд друг к другу по спиральной траектории общего центра. Это

явление наблюдалось в течение нескольких десятилетий, наилучшим образом подтверждая то, что предсказал Эйнштейн. Но гравитационные волны не были зарегистрированы из этого источника, и это привело к моему предсказанию, основанному на космологии Кармели, что гравитационные волны не распространяются как волны через вакуум, хотя гравитационная энергия от двойной PSR B1913+16 была на самом деле рассеяна в пространство в виде тепла.[11] Но теперь я признаю, что, увы, был неправ.

Практическая наука

Это открытие согласуется с идеей Эйнштейна, что *пространство-время* может рассматриваться как ткань, которая покрыта «рябью». В этом случае метрические искажения *пространства-времени* могут распространяться через него со скоростью света (c). Это является ещё одним подтверждением общей теории относительности Эйнштейна, которая уже весьма успешно проверена и в локальной лаборатории, и в нашей Солнечной системе. Хронометрия в часах GPS является очень важным примером. Часы на спутниках GPS на высоте около 20 200 км нуждаются в коррекции специальных и общих релятивистских эффектов, которые составляют около 38 миллионных долей секунды в сутки. Это

немного, но это реальный измеримый эффект, который приведёт к огромным ошибкам в результатах GPS, если его не исправить. В результате мы можем классифицировать это как практическую науку. Точно так же, как и обнаружение гравитационных волн от сливающихся бинарных чёрных дыр или любых других объектов с очень высокой плотностью, которые могут быть обнаружены в будущем.

Даже несмотря на то, что такого рода измерения не могут производиться в пределах нашей солнечной системы, куда люди могут непосредственно долететь, эти наблюдения, в принципе, повторяемы – не с этой конкретной бинарной парой, но другими подобными ей. Такие повторяющиеся наблюдения являются одним из аспектов того, что мы называем практической наукой, хотя мы и не можем напрямую взаимодействовать с черными дырами в эксперименте.[12] Это похоже на наблюдаемые потери энергии бинарной парой нейтронных звёзд, за что Халс и Тейлор получили Нобелевскую премию. Это повторимо и совместимо с надёжной физикой, проверяемой в земных условиях, пусть и в другой области применения.

Сотворение или Большой взрыв?

Космология Большого взрыва – это не практическая наука. Предполагаемое

происхождение вселенной в результате большого взрыва из вселенской сингулярности[13] (не чёрной дыры), которая является красивым термином для «ничего»,[14] не является повторяемой наукой. Равно как и не существует других вселенных, которые мы могли бы наблюдать, чтобы проверить, как возникла типичная вселенная – в результате большого взрыва или каким-то иным образом.

Это явное признание того, что само событие не наблюдалось, наблюдались косвенные подтверждения, или такие, которые потенциально могли быть вызваны событием.

Ошибочное утверждение об обнаружении BICEP2 первобытных гравитационных волн как неопровержимого доказательства эпохи инфляции (тогда это называли «дымящимся пистолетом»)[9,10] иллюстрирует данную проблему. Это явное признание того, что само событие не наблюдалось, наблюдались косвенные подтверждения, или такие, которые потенциально могли быть вызваны событием.

Но это значит, что существует проблема избыточности.[15] В астрофизике и космологии это означает, что существует множество возможных теорий, объясняющих одни и те же космологические наблюдения. Одно лишь обнаружение космического микроволнового

фонового излучения, которое было предсказанием большого взрыва Георгием Гамовым в 1948 году, не является достаточным основанием (доказательством), чтобы утверждать, что большой взрыв произошёл (в некоторый момент в ненаблюдаемом прошлом). Вам нужно будет показать, что исключены все другие возможные причины космического микроволнового фонового излучения. Кроме того, есть противоречащие доказательства, которые поддерживают идею о том, что космическое микроволновое фоновое излучение даже не является фоновым,[16] и таким образом, не может быть остаточным излучением большого взрыва, как принято считать.

Если будут найдены противоположные данные, которые бы опровергали это обнаружение гравитационных волн, тогда их нужно серьёзно рассмотреть. Но я считаю, что это маловероятно. Исключая очень маловероятную возможность серьёзной фальсификации большим количеством учёных, участвующих в открытии, трудно понять, как это может не быть подлинным обнаружением, так как оно имеет все признаки законов физики, которые мы понимаем. Никакие неизвестные не были привлечены, чтобы заставить наблюдения соответствовать теории. Никаких данных нарушения общей теории относительности не наблюдалось.

И эти законы физики изящно разработаны рукой Создателя этой вселенной. Тот факт, что система чёрных дыр находится так далеко (конечно, есть некоторые предположения, с помощью которых был выведен этот факт) и что там действуют те же самые законы, которые мы наблюдаем на земле, говорит нам о неизменности этих законов. Они являются творением Разума, Создателя, и мы лишь открываем, как замечательно Он создал эту вселенную.

Я подозреваю, что будет масса заявлений в интернете и в других средствах массовой информации, что это открытие каким-то образом подтверждает происхождение вселенной в результате большого взрыва. Но это не так!

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R\, g_{\mu\nu} + \Lambda\, g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Рисунок 3: Полевое уравнение Эйнштейна. Λ – космологическая константа, которая используется в современной форме решения Фридмана-Леметра.

Стандартная космология большого взрыва основана на решении уравнений поля Эйнштейна, обнаруженных Фридманом и Леметром в 1920-х годах. Те же самые уравнения

поля были ереведены в линейную форму, и получено так называемое постньютоновское приближение, исходя из которого Эйнштейн разработал теорию гравитационных волн, распространяющихся через *пространство-время*. Но существует множество других возможных математических решений уравнений поля Эйнштейна для всей Вселенной, от многих из которых уже отказались, поскольку они не соответствуют наблюдениям. Существование решения не означает, что оно имеет какой-либо физический смысл. Сам Эйнштейн вывел решение для статической Вселенной, от которого он позже отказался. Поскольку он включил в решение *космологическую постоянную* (Λ) для поддержания статической вселенной, когда он услышал в 1929 году об открытии Хабблом расширяющейся вселенной, он воскликнул, что её включение было самой большой ошибкой его карьеры.

Каждое решение требует ряда предположений, которые называются граничными условиями. Эти предположения о начальных условиях, и в случае решения Фридмана-Леметра оно требует *космологического принципа*, который является предположением о том, что Вселенная является изотропной и гомогенной (или однородной). Это означает, что плотность материи во Вселенной в больших масштабах везде одинакова, и что нет

ни единого центра, ни какой-либо границы или края Вселенной. Это также предполагает, что законы физики одинаковы везде и во все эпохи.

У локальной физики нашей Солнечной системы и той, которая была после большого взрыва, не должно быть никакой связи.

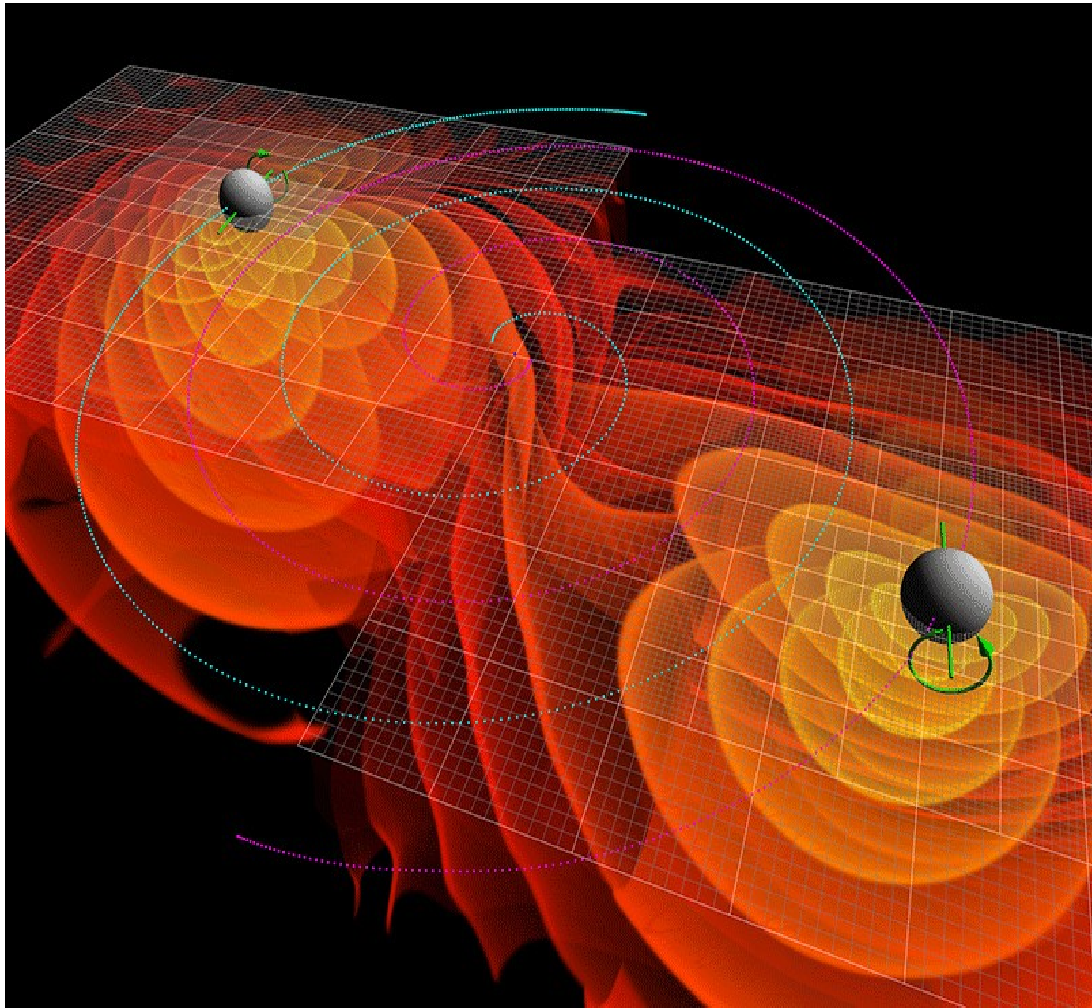
Библейские креационисты согласны, что законы одинаковы в каждом месте во Вселенной, но не обязательно в каждой эпохе, потому что был совершенно особый период Сотворения – неделя Сотворения. У космологии большого взрыва также есть исключение – сам большой взрыв, который является фактически чудом без какой-либо удовлетворительной причины (или объяснения).

Помимо вопроса топологии вселенной – есть ли у неё уникальный центр и край – у *космологического принципа* есть несколько больших проблем. Одна из них – «Ось зла».[17,18] Было обнаружено, аномальное ориентирование температурных флуктуаций в микроволновом фоновом излучении, согласно данным, полученным со спутников WMAP и «Планк». Эти данные независимо друг от друга определили одну и ту же аномальную ось во вселенной, лежащую в плоскости нашей Солнечной системы, в определённом направлении, определяемом двумя точками, где видимый путь

Солнца пересекает небесный экватор Земли каждый год.[19] Но такой экстраординарной оси в космосе не должно существовать. У локальной физики нашей Солнечной системы и той, которая была после большого взрыва, не должно быть никакой связи. Эта ось опровергает однородность и изотропность, постулируемые космологическим принципом, и поскольку она наносит такой ущерб их теории, космологи большого взрыва назвали её «Осью зла».

Ещё одной большой проблемой, которая сложилась в результате принятия стандартной ΛCDM космологии вселенной большого взрыва,[20] является вера в тёмную энергию и тёмную материю. Поскольку наблюдения в относительно крупных масштабах во Вселенной[21] не соответствуют современной форме модели Фридмана-Леметра, чтобы согласовать их, были введены тёмная энергия и тёмная материя[22]. Тёмная энергия, своего рода антигравитация, была введена с помощью космологической постоянной (Λ). А тёмная материя была необходима, чтобы «подправить» общее количество материи, так как небольшое количество нормальной наблюдаемой материи было недостаточно, чтобы теория согласовывалась с данными наблюдений. Тёмная энергия и тёмная материя являются

неизвестными для науки, и поэтому я называю их настроечными параметрами,[23] «неизвестными неизвестными», или «богами пробелов»[24] для современной космологии.



Визуализация модели сближающихся по спиральной траектории чёрных дыр, создающих гравитационные волны

Интересно, что при вычислениях для определения масс сливающихся чёрных дыр в анализе этого

открытия использовалась стандартная каноническая скорость света, c.[25]То есть использовалась та же самая постоянная величина, которую мы измеряем сегодня. Говорит ли это нам что-то? Я думаю, что да.

Некоторые библейские креационисты выдвигают идею, что скорость света имела гораздо более высокое значение в прошлом, вскоре после создания Вселенной, после чего она уменьшилась или снизилась к своему текущему значению (концепция, известная как уменьшение скорости света). Они используют это воображаемое намного более высокое значение скорости света в прошлом как решение библейской креационистской проблемы с временем для распространения света.[26,27] Но теперь это новое открытие демонстрирует, что в момент времени в прошлом, соответствующий космическому расстоянию 1,3 миллиарда световых лет, значение скорости света (c) было идентично сегодняшнему текущему значению. Независимо от того, какая креационистская космология Вам нравится, гравитационные волны, зарегистрированные в сентябре 2015 года, должны были оставить свой источник очень скоро после Недели сотворения. Таким образом, идея уменьшения скорости света может быть полностью отвергнута.

Вывод

Какие выводы мы можем сделать? Общая теория относительности Эйнштейна получила дополнительное подтверждение как хорошая практическая наука без каких-либо настроечных параметров. Любое изменение в скорости света отклоняется. Однако существуют другие намного более вероятные решения библейской креационистской проблемы с временем для распространения света.[26,27,28,29] При постоянной скорости света, общая теория относительности даёт нам необходимый ключ к разгадке, что ход времени не является абсолютным во Вселенной, а это значит, что у света могло быть гораздо больше времени, чтобы достичь Земли от самых отдалённых источников, даже в течение 6 000 лет с момента сотворения. Никаких других последствий для библейских креационистских объяснений происхождения вселенной нет.

Обновление от 4 марта 2016 года

В отношении некоторых заявлений, что обнаружение было подделкой, *Science News* сообщило следующее:[30]

> В течение 5 месяцев физики LIGO изо всех сил пытались сохранить в тайне своё открытие. В обычных условиях большинство членов команды не знало бы, являлся ли

сигнал реальным. LIGO регулярно приправляет регистрируемые данные секретными ложными сигналами, названными «слепыми инъекциями», чтобы протестировать оборудование и держать исследователей в напряжении. Но 14 сентября 2015 года система «слепой инъекции» не была запущена. Физики лишь недавно закончили 5-летнюю модернизацию оборудования стоимостью 205 млн долларов, и несколько систем – включая систему инъекции – были все ещё выключены, когда команда завершила предварительный «технический запуск». Поэтому все сотрудники знали, что наблюдение, скорее всего, было реальным. «Я уверен в этом дне», говорит Гонсалес.

Тем не менее, физикам LIGO пришлось исключить любые альтернативы, в том числе возможность того, что зарегистрированный сигнал был умышленным обманом. «Мы потратили около месяца на поиск вариантов, с помощью которых можно подменить сигнал», говорит Райтце, прежде чем сделать вывод, что **это невозможно**. Для Гонсалес осуществление проверки было, по её словам, «тяжёлой ответственностью».

«Это было первым обнаружением гравитационных волн, так что здесь нельзя было ошибиться». (выделение добавлено)

Один из исследователей, который работает с оборудованием LIGO, является моим личным другом. Сегодня он сказал мне, что имитированные ложные сигналы, которые они вводят в целях калибровки, не достаточно сильны, чтобы создать обнаруженный сигнал. Он сказал, что они просто не могли этого сделать.

Ссылки и примечания

1. Лазерные интерферометры, используемые для обнаружения этих сигналов, имеют длину около 4 км. Чувствительность обнаружения определяется величиной относительного изменения в длине плечей $(\Delta L1-\Delta L2)/L$. Таким образом, может быть обнаружен любой предполагаемый сигнал, который приводит к абсолютному изменению в длине плеча всего лишь порядка 10^{-19} м. Это – приблизительно одна десятитысячная диаметра ядра водорода, т.е. протона.
2. Любое обнаружение со статистическим значением более 5 стандартных отклонений считается реальным. В этом случае показано, что результат гораздо выше фонового шума в гистограмме

обнаружения. См рис. 4 в работе по ссылке 6.
3. Светимость источника и его красное смещение определялось по яркости исходного сигнала, где была применена стандартная космологии Большого Взрыва. Тем не менее, этот выбор космологии оказывает небольшое влияние на достоверность обнаружения.
4. Это их массы покоя.
5. $M_{\odot}$ обозначает массу нашего солнца, солнечная единица массы.
6. Abbott, B. P. *и др.*, Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger, Phys. Rev. Lett. 116(6), 2016 г. | doi:http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102.
7. 1 мс = 1 миллисекунда.
8. Обозначение состоит из GW (**g**ravitational **w**aves – гравитационные волны) и даты обнаружения.
9. Hartnett, J.G.,Has the 'smoking gun' of the 'big bang' been found?, март 2014 г.; creation.com/bbgun.
10. Hartnett, J.G.,New study confirms BICEP2 detection of cosmic inflation wrong, февраль 2015 г.; creation.com/inflation-wrong.
11. Hartnett, J.G. и Tobar, M.E., Properties of gravitational waves in Cosmological General

Relativity, *J. Theor. Phys.* **45** (11):2213–2222, 2006 г.
12. Несмотря на то, что я называю это операционной наукой, такая наука изучает космос, где у исследователей нет местной лаборатории, в которой они могли бы взаимодействовать со своими экспериментами. Поэтому она является более слабой формой науки. Поэтому необходим более высокий стандарт требований к доказательствам, прежде чем могут быть сделаны выводы. И даже в этом случае необходимо понимать гипотетичную природу науки.
13. Hartnett, J.G., The singularity—a 'Dark' beginning, июль 2014 г., creation.com.
14. Hartnett, J.G., An eternal quantum potential or an eternal Creator God, январь 2016 г., biblescienceforum.com.
15. Избыточность в данном контексте означает, что существует несколько решений, которые не могут быть исключены исходя из наблюдений.
16. Hartnett, J.G., 'Light from the big bang' casts no shadows, *Creation* **37**(1):50–51, 2015 г.; см. также biblescienceforum.com.
17. Hartnett, J.G., CMB Conundrums, *Creation* **20**(2):10–11, август 2006 г.

18. Hartnett, J.G., Development of an ‘old’ universe in science, июль 2015 г., biblescienceforum.com.
19. Когда на экваторе солнце находится точно в зените (прямо над головой). Это происходит только два раза в году из-за наклона земной оси. По мере вращения Земли вокруг Солнца, Солнце видно в зените на более низких или более высоких широтах. Два раза в год во время весеннего и осеннего равноденствия, экваториальная плоскость Земли проходит через центр Солнца. Эти две точки, находящиеся на противоположных сторонах земной орбиты, в плоскости орбит планет, описывают уникальное направление в космосе.
20. CDM обозначает холодную тёмную материю (**c**old **d**ark **m**atter).
21. Например, измерения сверхновых типа Ia.
22. Тёмная материя исторически была введена перед этим. Было обнаружено, что она необходима, чтобы заставить динамику вращения спиральных галактик соответствовать стандартной теории. Затем это распространилось на скопления галактик и также суперкластеры.
23. Hartnett, J.G., Big bang fudge factors, декабрь 2014 г., biblescienceforum.com. Назад к тексту

24. Hartnett, J.G., Is dark matter the unknown god?, *Creation* **37**(2):22–24, 2015, biblescienceforum.com.
25. Каноническая скорость света (c) составляет 299 792 458 м/с. Назад к тексту
26. Hartnett, J.G., Starlight and time: Is it a brick wall for biblical creation?, июль 2015 г., biblescienceforum.com.
27. Hartnett, J.G., The Lecture: Starlight and time—Is it a brick wall for biblical creation?, июль 2015 г., biblescienceforum.com.
28. Hartnett, J.G., Solutions to the biblical creationist starlight-travel-time problem, ноябрь 2014 г., biblescienceforum.com.
29. Batten, D., (Ed.), *и др.*, How can we see distant stars in a young universe?, *The Creation Answers book*, гл. 5, Creation Book Publishers, Квинсленд, Австралия, 2006 г.
30. Cho, A., Gravitational waves, Einstein’s ripples in spacetime, spotted for first time, *Science*, sciencemag.com, ссылка проверена в феврале 2016 г.